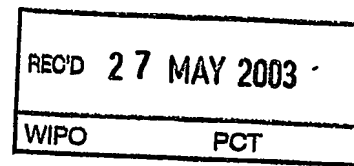


BEST AVAILABLE COPY



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 17 222.6

Anmeldetag: 18. April 2002

Anmelder/Inhaber: Diehl Avionik Systeme GmbH, Frankfurt am Main/DE

Bezeichnung: Sicherheitssystem für Luftfahrzeuge

IPC: G 05 D, G 08 G

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Diehl Avionik Systeme GmbH, 60439 Frankfurt

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Sicherheitssystem für Luftfahrzeuge, wobei in einem digital gespeicherten Abbild des Luftraums verbotene Lufträume gekennzeichnet sind, in die Luftfahrzeuge nicht eindringen dürfen, wobei das Luftfahrzeug mit einer automatischen Steuerungseinrichtung versehen ist und wobei die Steuerungseinrichtung bei Annäherung an einen verbotenen Luftraum das Luftfahrzeug automatisch auf eine Ausweichroute steuert, die außerhalb des verbotenen Luftraums liegt.

2903 VL

Diehl Avionik Systeme GmbH, 60439 Frankfurt

Sicherheitssystem für Luftfahrzeuge

Die Erfindung betrifft ein Sicherheitssystem für Luftfahrzeuge.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Missbrauch von Luftfahrzeugen, beispielsweise durch einen gewaltsam verursachten Absturz auf ein Ziel, zu verhindern.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Sicherheitssystem für Luftfahrzeuge, wobei in einem digital gespeicherten Abbild des Luftraums verbotene Lufträume gekennzeichnet sind, in die Luftfahrzeuge nicht eindringen dürfen, wobei das Luftfahrzeug mit einer automatischen Steuerungseinrichtung versehen ist und wobei die Steuerungseinrichtung bei Annäherung an einen verbotenen Luftraum das Luftfahrzeug automatisch auf eine Ausweichroute steuert, die außerhalb des verbotenen Luftraums liegt.

Mit dem erfindungsgemäßen Sicherheitssystem kann verhindert werden, dass ein Luftfahrzeug in den Luftraum über besonders gefährdeten Gebieten - im folgenden auch verbotene Gebiete genannt - eindringt. Diese verbotenen Gebiete können beispielsweise Großstädte, Kernkraftwerke oder einzelne besonders gefährdete Gebäude oder Industrieanlagen sein.

Bei dem erfindungsgemäßen System kann vorgesehen sein, dass die Höhe des verbotenen Luftraums größer als die von dem Luftfahrzeug erreichbare Höhe ist. Es ist jedoch auch möglich, die Höhe des verbotenen Luftraums niedriger

anzusetzen, so dass Luftfahrzeuge den verbotenen Luftraum in großer Höhe überfliegen können, bei einer Annäherung des verbotenen Luftraums von oben oder von der Seite jedoch auf eine Ausweichroute gesteuert werden.

Das erfindungsgemäße Sicherheitssystem kann ständig aktiviert sein. Um bei einem unbeabsichtigten gegebenenfalls nur marginal erfolgenden oder zulässigen Eindringen in den verbotenen Luftraum eine unerwünschte automatische Steuerung zu verhindern, kann bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Systems vorgesehen sein, dass die automatische Steuerung nur nach Eingabe eines Befehls oder Betätigung einer Eingabevorrichtung aktiviert wird und dass eine Deaktivierung der automatischen Steuerung nur in gesicherter Weise möglich ist.

Dabei sind in vorteilhafter Weise die Mittel zur Eingabe des Befehls derart zu gestalten, dass im Falle einer Bedrohung durch Luftpiraten der Befehl von der Besatzung noch eingegeben werden kann. Die Sicherung der Deaktivierung kann beispielsweise durch Eingabe eines Codewortes erfolgen. Im Falle das dies nicht sicher genug erscheint und von Angreifern möglicherweise eine Deaktivierung erzwungen werden kann, ist bei einer Ausgestaltung der Weiterbildung vorgesehen, dass eine Deaktivierung der automatischen Steuerung nur durch eine außerhalb des Luftfahrzeugs befindliche Einrichtung möglich ist oder nur erfolgen kann, wenn sich das Luftfahrzeug am Boden befindet. Dies kann beispielsweise durch Einfedern der Radaufhängung festgestellt werden.

Eine andere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Sicherheitssystem besteht darin, dass die automatische Steuerung eine automatische Landung einschließt. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Ort der automatischen Landung von einer außerhalb des Luftfahrzeugs befindlichen

...

Einrichtung vorgebar ist. Um auch bereits vor der Landung die weitere Bewegung des Luftfahrzeugs kontrollieren zu können, ohne auf eine Automatik angewiesen zu sein, kann gemäß einer anderen Weiterbildung vorgesehen sein, dass die Steuerung auf der Ausweichroute von einer außerhalb des Luftfahrzeugs befindlichen Einrichtung übernehmbar ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Sicherheitssystems besteht darin, dass bei einer Aktivierung der automatischen Steuerung eine Nachricht an eine Einrichtung zur Flugsicherung gesendet wird. Dadurch werden Flugsicherungseinrichtungen in die Lage versetzt, Maßnahmen zur Sicherung des Luftraums, in welchem sich das automatisch auf eine Ausweichroute gesteuerte Luftfahrzeug befindet, zu ergreifen - beispielsweise andere Luftfahrzeuge zu warnen oder umzuleiten.

Um bei der automatischen Steuerung des Luftfahrzeugs auf die Ausweichroute eine Gefährdung von anderen beweglichen Objekten (Luftfahrzeugen) zu verhindern, kann vorgesehen sein, dass eine automatische Steuerung ebenfalls erfolgt, wenn eine Annäherung an bewegliche Objekte stattfindet.

Eine andere Weiterbildung besteht darin, dass das Luftfahrzeug ferner bei Annäherung an andere Objekte, insbesondere andere Luftfahrzeuge, automatisch auf eine Ausweichroute gesteuert wird. Dazu werden Informationen über die Positionen und gegebenenfalls Bewegungsrichtungen und -geschwindigkeiten zwischen den Luftfahrzeugen über geeignete Datenkanäle bzw. Funkverbindungen zwischen den Luftfahrzeugen übertragen.

Ein Verfahren zur Erkennung eines Kollisionsrisikos in der Luftfahrt ist in EP 0 886 847 B1 und in US 6,201,482 B1 beschrieben. Dieses Verfahren ist in vorteilhafter Weise für das erfindungsgemäße Sicherheitssystem geeignet, wozu im

Einzelnen vorgesehen ist,

- dass der Luftraum in vorgegebene Raumelemente eingeteilt ist,
- dass für das Luftfahrzeug Wahrscheinlichkeiten berechnet werden, mit welchen sich das Luftfahrzeug zu mehreren ausgewählten Zeitpunkten in vorgegebenen Raumelementen befinden wird (Aufenthaltswahrscheinlichkeiten),
- dass aus den Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des eigenen Luftfahrzeugs und aus auf Eins gesetzten Aufenthaltswahrscheinlichkeiten der Raumelemente des verbotenen Luftraums die Wahrscheinlichkeiten des Aufenthalts des eigenen Luftfahrzeugs in jeweils einem Raumelement (Kollisionswahrscheinlichkeiten) für die vorgegebenen Raumelemente und die ausgewählten Zeitpunkte berechnet werden und
- dass eine Ausweichroute berechnet wird, wenn für mindestens ein Raumelement die Kollisionswahrscheinlichkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt.

Bei dieser Weiterbildung des erfindungsgemäßen Sicherheitssystems ist eine vorteilhafte Berechnung von Ausweichrouten möglich. Außerdem kann hierbei die Berechnung von Ausweichrouten rechtzeitig vor dem Eindringen in den verbotenen Luftraum erfolgen. Zur automatischen Wahl möglichst vorteilhafter Ausweichrouten kann bei der Weiterbildung vorgesehen sein, dass probenhalber mehrere Ausweichrouten mit von Ausweichroute zu Ausweichroute steigender Auslenkung nach anerkannten oder festgelegten Ausweichregeln berechnet werden, dass diejenige berechnete Ausweichroute ausgewählt und in ein Steuerkommando umgesetzt wird, die bei kleinster Auslenkung eine Wahrscheinlichkeit eines Eindringens in den verbotenen Luftraum unterhalb eines vorgegebenen Schwellwertes ergibt.

Um dabei ein Ausweichen in eine möglichst günstige Richtung zu erzielen, kann vorgesehen sein, dass bei Erreichen einer Grenzauslenkung, ohne daß sich die Wahrscheinlichkeit eines Eindringens in den verbotenen Luftraum entsprechend verringert, Ausweichrouten in eine andere Richtung berechnet werden. Schließlich können bei dieser Weiterbildung Gefährdungen durch die Benutzung der Ausweichroute dadurch vermieden werden, dass bei der Berechnung der Ausweichroute ferner Aufenthaltswahrscheinlichkeiten anderer Objekte berücksichtigt werden.

Bei der Annäherung des Luftfahrzeuges an den verbotenen Luftraum und bei Anwesenheit von anderen Objekten erhebt sich die Frage einer Priorität bei der Berechnung der Ausweichroute. Zur Lösung dieses Problems kann bei der Weiterbildung vorgesehen sein, dass für Raumelemente, die in einem Randbereich um den verbotenen Luftraum liegen, die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten auf einen geringeren Wert als der verbotene Luftraum gesetzt sind. Die Wahrscheinlichkeitswerte können beispielsweise zwischen 0,2 und 1 liegen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Sicherheitssystems besteht darin, dass für den Piloten ein Warnsignal ausgegeben wird, wenn sich das Luftfahrzeug einem verbotenen Luftraum nähert. Das Warnsignal kann optisch und/oder akustisch ausgegeben werden. Ferner kann vorgesehen sein, dass für den Piloten ein Warnsignal ausgegeben wird, wenn das Sicherheitssystem die automatische Steuerung des Luftfahrzeugs übernimmt.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass verbotene Lufträume auf einem Bildschirm, vorzugsweise auf einem Navigationsdisplay, und die gegebenenfalls berechnete Ausweichroute dargestellt werden.

...

Um Einrichtungen zur Flugsicherung oder andere zuständige Stellen und Behörden ausreichend zu informieren, kann bei dem erfindungsgemäßen Sicherheitssystem vorgesehen sein, dass die Position des Luftfahrzeugs, der Luftraum und die gegebenenfalls vorhandene Ausweichroute auf einer Anzeigevorrichtung angezeigt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 bis Fig. 4 verschiedene kartographische Darstellungen mit jeweils einem verbotenen Flugraum,

Fig. 5 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Sicherheitssystems,

Fig. 6 ein Beispiel für die Belegung von Raumelementen mit Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von oben und

Fig. 7 in Seitenansicht.

Fig. 1 zeigt einen im weiteren nicht dargestellten Ausschnitt aus einer Landkarte mit Flughäfen 1, 2, 3 und einem zu schützenden Objekt 5. Um das zu schützende Objekt 5 befindet sich ein verbotener Luftraum 6, der bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und eine Höhe aufweist, welche ausreicht, um ein Überfliegen mit in Frage kommenden Luftfahrzeugen oder ein Überfliegen in zu geringer Höhe zu verhindern.

Während bei dem Beispiel nach Fig. 1 eine Annäherung des zu schützenden Objektes 5 auf weniger als den Radius des verbotenen Luftraums 6 verhindert wird, wird bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ein Abweichen von

...

Luftstraßen 7 in Richtung auf das zu schützende Objekt 5 vermieden. Dazu nimmt der verbotene Luftraum 6' praktisch die gesamte Fläche zwischen den Luftstraßen 7 ein.

Bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 3 und 4 ist der Luftraum in Raumelemente 10 aufgeteilt, für die in einer Datenbank Werte für eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Objekten abgelegt sind, mit denen ein Luftfahrzeug kollidieren kann. Befindet sich in einem Raumelement tatsächlich ein Objekt, so ist die Wahrscheinlichkeit 1. Bei bewegten Objekten wird die Wahrscheinlichkeit, dass sie sich zu vorgegebenen Zeitpunkten in den jeweiligen Raumelementen befinden, berechnet. Einzelheiten hierzu sind in den obengenannten Patenten angegeben.

Bei dem erfindungsgemäßen Sicherheitssystem werden bei den in den Figuren 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispielen Raumelemente, in welche ein Luftfahrzeug nicht eindringen soll, mit einer hohen Wahrscheinlichkeit, vorzugsweise 1, belegt. Ferner ist eine Zwangssteuerung auf eine Ausweichroute vorgesehen. Für das jeweils "eigene" Luftfahrzeug werden für die innerhalb der vorgegebenen Zeiten mit dem Luftfahrzeug erreichbaren Raumelemente die eigenen Aufenthaltswahrscheinlichkeiten berechnet. Gibt es ein Raumelement, für welches die Wahrscheinlichkeit, dass sich sowohl das eigene Luftfahrzeug als auch das andere Objekt dort befinden, einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet, wird eine Ausweichroute eingeschlagen. Im erfindungsgemäßen Sicherheitssystem wird durch die Vorgabe einer hohen Wahrscheinlichkeit in dem verbotenen Luftraum 6" vorgetäuscht, dass sich dort ein Objekt befindet.

Bei dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel weist der verbotene Luftraum 6" einen Rand 11 auf, der in Fig. 4 weniger dicht schraffiert ist. Die Raumelemente dieses Randes sind mit einer geringeren

Aufenthaltswahrscheinlichkeit belegt, so dass im Falle von Problemen bei der Ermittlung einer gefahrlosen Ausweichroute - beispielsweise wegen anderer Luftfahrzeuge - der Randbereich 11 noch befliegen werden kann.

Die in Fig. 5 dargestellte Einrichtung besteht aus mehreren Einheiten, deren Funktion als solche grundsätzlich bekannt ist und die deshalb im einzelnen nicht weiter beschrieben wird. Eine Navigationseinheit 21 ist mit zwei Antennen 22, 23 versehen und empfängt Signale eines GNS-Systems, wie beispielsweise des Global Positioning Systems. Dabei ist die Antenne 22 zum Empfang von Satellitensignalen eingerichtet, während über die Antenne 23 Differenzsignale zur Erhöhung der Genauigkeit der Positionsbestimmung empfangen werden können. In der Navigationseinheit 21 befinden sich noch weitere zur Navigation erforderliche Einrichtungen, beispielsweise ein Kompaß und ein Höhenmesser. Aus den empfangenen Daten und den Signalen des Kompasses und des Höhenmessers berechnet die Navigationseinheit die Position und Lage des Luftfahrzeugs sowie die Änderungen dieser Daten, insbesondere die Fluggeschwindigkeit, die Kursänderungsgeschwindigkeit und die Steig/Sink-Geschwindigkeit.

Diese Daten werden einem Hauptcomputer 24 zugeleitet, der über eine bidirektionale Datenverbindung mit einem Transponder 25 verbunden ist. Dieser ist eine Sende/Empfangs-Einheit mit einer oder mehreren Antennen 26 zum Austausch von Daten mit anderen Luftfahrzeugen, Bodenstationen und Fahrzeugen. Derartige Datenübertragungssysteme sind an sich bekannt und brauchen im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung nicht näher erläutert zu werden. Ein für das erfindungsgemäße Verfahren geeignetes System ist beschrieben im Tagungsband: The International Air Transport Association, Global Navcom '94, Genf, 18. bis 21. Juli 1994, J. Nilsson, Swedavia: "The

Worldwide GNSS-Time Synchronized Self-Organising TDMA Data Link - A Key to the Implementation of Cost-Effective GNSS-Based CNS/ATM Systems!"

Auch ein Traffic Collision Avoidance System (TCAS II) kann für die Ermittlung der relativen Position eines anderen Luftfahrzeugs genutzt werden.

Sollte es im Einzelfall zweckmäßig sein, kann die Übertragung der von der Navigationseinheit 21 erzeugten Daten, soweit sie zur Übertragung zu anderen Luftfahrzeugen vorgesehen sind, auch unmittelbar zum Transponder 25 erfolgen.

Die dargestellte Einrichtung umfaßt ferner eine Datenbank 27, in der unter anderem kartographische Daten zu dem Gelände abgelegt sind, beispielsweise auch die in den Figuren 3 und 4 dargestellten verbotenen Lufträume. Da die Berechnung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit der anderen Luftfahrzeuge vom Typ des jeweils anderen Luftfahrzeugs abhängig gemacht werden kann, können in der Datenbank 27 auch dazu erforderliche Daten der relevanten Luftfahrzeuge gespeichert werden. Solche Daten beschreiben im wesentlichen die Bewegungsfähigkeit des Luftfahrzeugs, wie beispielsweise die maximale Beschleunigung und die engsten Kurvenradien. Die in der Datenbank 27 gespeicherten Daten sind vom Hauptcomputer 24 entsprechend des jeweiligen Bedarfs abrufbar. Soweit die Daten unmittelbar zur graphischen Darstellung mit Hilfe des Displays 30 vorgesehen sind, können sie auch direkt einem Symbolgenerator 28 zugeleitet werden.

Der Hauptcomputer 24 ist ferner mit anderen Computern des Avionik-Systems 29 des Luftfahrzeugs verbunden, um für die Berechnung der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten und der Ausweichrouten erforderliche Daten abfragen zu können und um

...

die zum automatischen Befliegen der Ausweichrouten erforderlichen Steuerbefehle umzusetzen. Ferner ist an den Hauptcomputer 24 ein Audiosystem zu Zwecken einer Sprachausgabe angeschlossen.

Die bisher beschriebenen Einrichtungen sowie ein Sender/Empfänger 32 mit einer Antenne 33 befinden sich im Luftfahrzeug. Der Sender/Empfänger 32 bildet eine Funkverbindung zu einer Bodenstation, bestehend aus ebenfalls einer Antenne 34 und einem Sender/Empfänger 35. Dieser ist mit einem Computer 36 einer Überwachungseinrichtung, beispielsweise der Flugsicherung, verbunden. Sobald mit dem erfindungsgemäßen System die Wahrscheinlichkeit eines Eindringens in den verbotenen Luftraum erkannt und eine Ausweichroute berechnet wird, erfolgt eine Meldung dieses Zustandes an die Bodenstation, wobei alle zur Beurteilung der Lage erforderlichen Flugdaten auf dem Bildschirm des Computers 36 sichtbar gemacht werden. Vom Sicherheitspersonal können nunmehr geeignete Maßnahmen eingeleitet werden, beispielsweise die Steuerung des Luftfahrzeugs zur nächsten geeigneten Landebahn oder Anweisungen an andere Luftfahrzeuge, sich aus dem betroffenen Luftraum zu entfernen bzw. diesen zu meiden.

Die Figuren 6 und 7 zeigen jeweils einen Teil des Luftraums - Fig. 6 als Draufsicht, Fig. 7 als Seitenansicht. Ein Luftfahrzeug 41 tritt in den Luftraum ein. Innerhalb des Luftraums liegt ein zu schützendes Objekt 42 mit einem verbotenen Luftraum, der durch engere Schraffierung dargestellt ist und einen Randbereich 44 aufweist. Der verbotene Luftraum 43 und der Randbereich 44 reichen bis in eine für die in Frage kommenden Luftfahrzeuge erreichbare Höhe. Ein weiteres Luftfahrzeug 45 tritt aus entgegengesetzter Richtung in den Luftraum ein. Wahrscheinlichkeiten, mit welchen sich das Luftfahrzeug 45 zu dem betrachteten Zeitpunkt in Raumelementen 46 aufhält,

...

sind ebenfalls durch eine Schraffur hervorgehoben, deren Dichte umso größer ist, je größer die Wahrscheinlichkeit ist. Um in Fig. 7 den Blick auf die Raumelemente 46 freizugeben, ist die Schraffur des verbotenen Luftraums 43 und des Randbereichs 44 entsprechend unterbrochen. Der Übersichtlichkeit halber wurden die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des Luftfahrzeugs 41 nicht dargestellt.

Es folgt eine Erläuterung der Bestimmung einer Ausweichroute, wobei in einem vorangegangenen Schritt das Risiko einer "Kollision" mit dem verbotenen Luftraum dadurch erkannt wurde, dass die Kollisions-Wahrscheinlichkeit für ein oder mehrere Raumelemente einen zulässigen Wert überschreitet, wenn das Luftfahrzeug 41 die Route 47 befliegt und somit eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Luftfahrzeug 41 in den verbotenen Luftraum 43, mindestens jedoch in den Randbereich 44 eindringt.

Entsprechend den allgemeinen Ausweichregeln werden probenhalber Ausweichrouten 48, 49 berechnet mit dem Ergebnis, dass die Route 48 ein Eindringen in den verbotenen Luftraum nicht verhindert und die Route 49 eine zu hohe Drehgeschwindigkeit erfordert und deswegen nicht benutzt wird. Daraufhin wird eine Route 50 berechnet, die jedoch bei gleichbleibender Höhe eine Kollisionsgefahr mit dem anderen Luftfahrzeug 45 bedeutet. Um diese zu umgehen, wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel zusätzlich zur Kursänderung eine Verringerung der Flughöhe vorgenommen (Fig. 7), so dass das Luftfahrzeug 41 den verbotenen Luftraum 43, ohne eine gefährliche Annäherung an das Luftfahrzeug 45 umgehen kann.

Diehl Avionik Systeme GmbH, 60439 Frankfurt

Ansprüche

1. Sicherheitssystem für Luftfahrzeuge, wobei in einem digital gespeicherten Abbild des Luftraums verbotene Lufträume (6, 6', 6", 43) gekennzeichnet sind, in die Luftfahrzeuge nicht eindringen dürfen, wobei das Luftfahrzeug (41) mit einer automatischen Steuerungseinrichtung (24, 29) versehen ist und wobei die Steuerungseinrichtung (24, 29) bei Annäherung an einen verbotenen Luftraum (6, 6', 6", 43) das Luftfahrzeug (41) automatisch auf eine Ausweichroute (50) steuert, die außerhalb des verbotenen Luftraums (6, 6', 6", 43) liegt.
2. Sicherheitssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe des verbotenen Luftraums (6, 6', 6", 43) größer als die von dem Luftfahrzeug erreichbare Höhe ist.
3. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die automatische Steuerung nur nach Eingabe eines Befehls aktiviert wird und dass eine Deaktivierung der automatischen Steuerung nur in gesicherter Weise möglich ist.

4. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Deaktivierung der automatischen Steuerung nur durch eine außerhalb des Luftfahrzeugs (41) befindliche Einrichtung (36) möglich ist.

5. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Deaktivierung der automatischen Steuerung nur am Boden möglich ist.

6. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die automatische Steuerung eine automatische Landung einschließt.

7. Sicherheitssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ort der automatischen Landung von einer außerhalb des Luftfahrzeugs (41) befindlichen Einrichtung (36) vorgebar ist.

8. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung auf der Ausweichroute (50) von einer außerhalb des Luftfahrzeugs (41) befindlichen Einrichtung (36) übernehmbar ist.

9. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Aktivierung der automatischen Steuerung eine Nachricht an eine Einrichtung (36) zur Flugsicherung gesendet wird.

10. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine automatische Steuerung ebenfalls erfolgt, wenn eine Annäherung an bewegliche Objekte (45) stattfindet.

11. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Luftfahrzeug ferner bei Annäherung an andere Objekte, insbesondere andere

18.04.02

2903 VL

14

Luftfahrzeuge, automatisch auf eine Ausweichroute gesteuert wird.

12. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass der Luftraum in vorgegebene Raumelemente (10) eingeteilt ist,
- dass für das Luftfahrzeug (41) Wahrscheinlichkeiten berechnet werden, mit welchen sich das Luftfahrzeug (41) zumehreren ausgewählten Zeitpunkten in vorgegebenen Raumelementen befinden wird (Aufenthaltswahrscheinlichkeiten),
- dass aus den Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des Luftfahrzeugs (41) und aus auf Eins gesetzten Aufenthaltswahrscheinlichkeiten der Raumelemente des verbotenen Luftraums (43) die Wahrscheinlichkeiten des Aufenthalts des Luftfahrzeugs (41) in jeweils einem Raumelement (Kollisionswahrscheinlichkeiten) für die vorgegebenen Raumelemente (10) und die ausgewählten Zeitpunkte berechnet werden und
- dass eine Ausweichroute (50) berechnet wird, wenn für mindestens ein Raumelement (10) die Kollisionswahrscheinlichkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt.

13. Sicherheitssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass probenhalber mehrere Ausweichrouten (47, 48, 49, 50) mit von Ausweichroute zu Ausweichroute steigender Auslenkung nach anerkannten oder festgelegten Ausweichregeln berechnet werden, dass diejenige berechnete Ausweichroute (50) ausgewählt und in ein Steuerkommando umgesetzt wird, die bei kleinster Auslenkung eine Wahrscheinlichkeit eines Eindringens in den verbotenen Luftraum (43) unterhalb eines vorgegebenen Schwellwertes ergibt.

14. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen einer Grenzauslenkung, ohne daß sich die Wahrscheinlichkeit eines Eindringens in den verbotenen Luftraum (43) entsprechend verringert, Ausweichrouten (50) in eine andere Richtung berechnet werden.
15. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Berechnung der Ausweichroute (50) ferner Aufenthaltswahrscheinlichkeiten anderer Objekte (45) berücksichtigt werden.
16. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass für Raumelemente, die in einem Randbereich (44) um den verbotenen Luftraum (43) liegen, die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten auf einen geringeren Wert als der verbotene Luftraum (43) gesetzt sind.
17. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für den Piloten ein Warnsignal ausgegeben wird, wenn sich das Luftfahrzeug (41) einem verbotenen Luftraum (43) nähert.
18. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für den Piloten ein Warnsignal ausgegeben wird, wenn das Sicherheitssystem die automatische Steuerung des Luftfahrzeugs (41) übernimmt.
19. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass verbotene Lufträume (43) auf einem Bildschirm (30), vorzugsweise auf einem Navigationsdisplay, und die gegebenenfalls berechnete Ausweichroute (50) dargestellt werden.
- ...

20. Sicherheitssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Luftfahrzeugs (41), der Luftraum und die gegebenenfalls vorhandene Ausweichroute (50) auf einer Anzeigevorrichtung (30, 36) angezeigt werden.

19-04-02

2903 VL

1/4

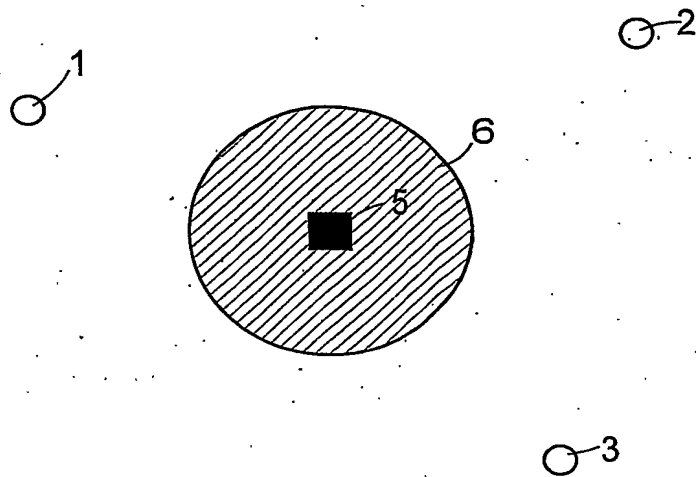


Fig.1

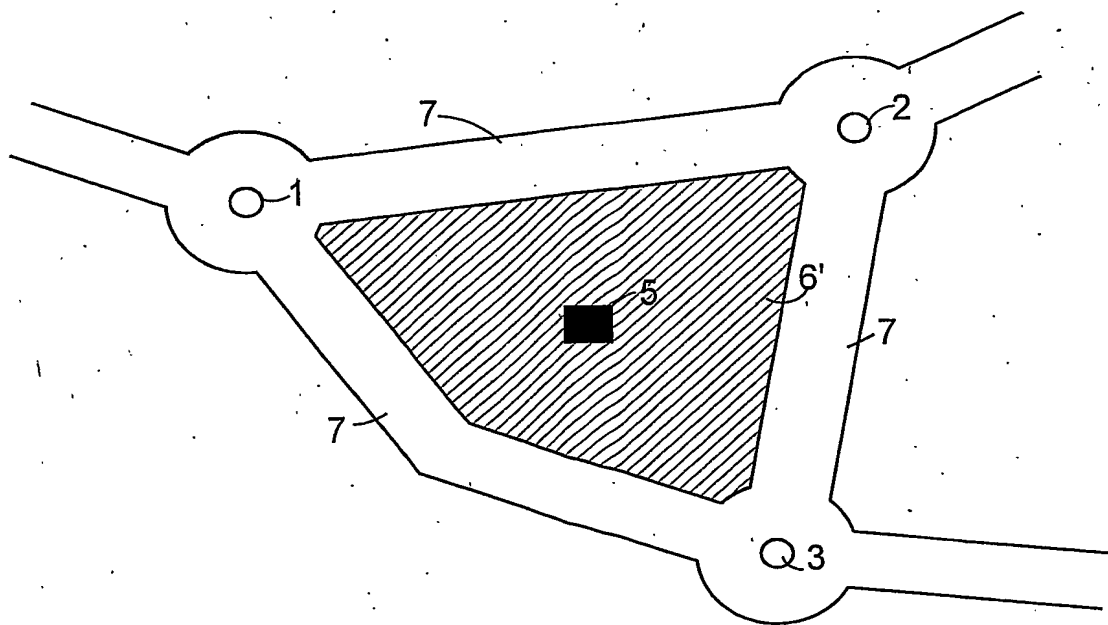


Fig.2

18 04 02

2903 VL

2/4

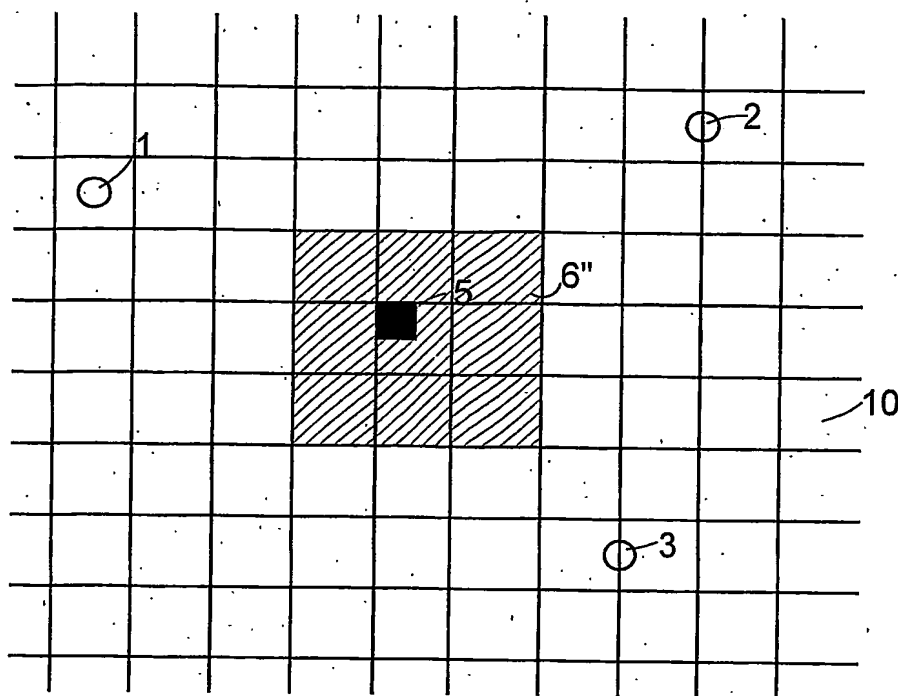


Fig.2

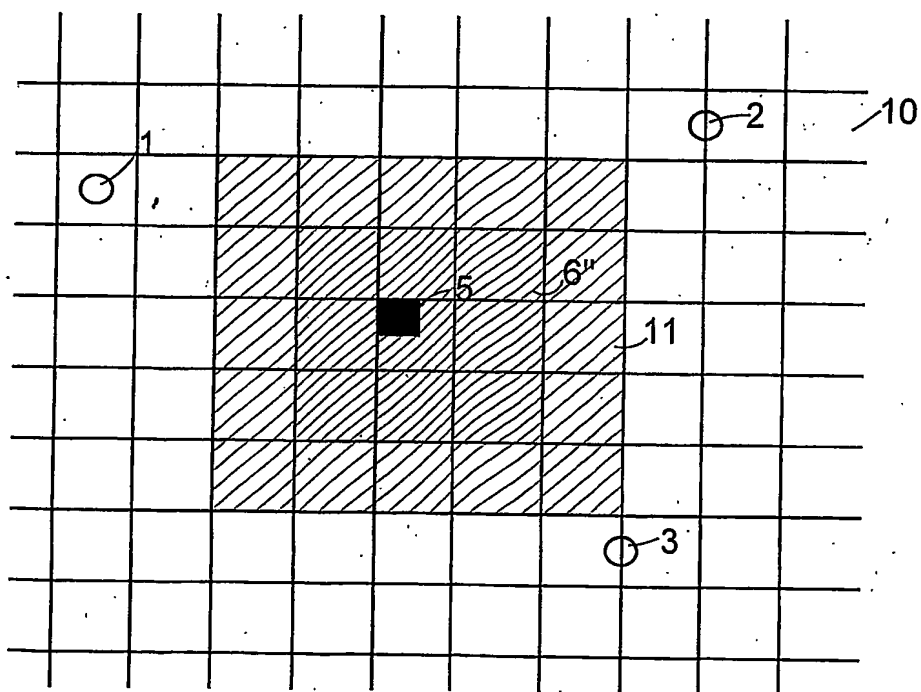


Fig.3

18-04-02

2903 VL

3/4

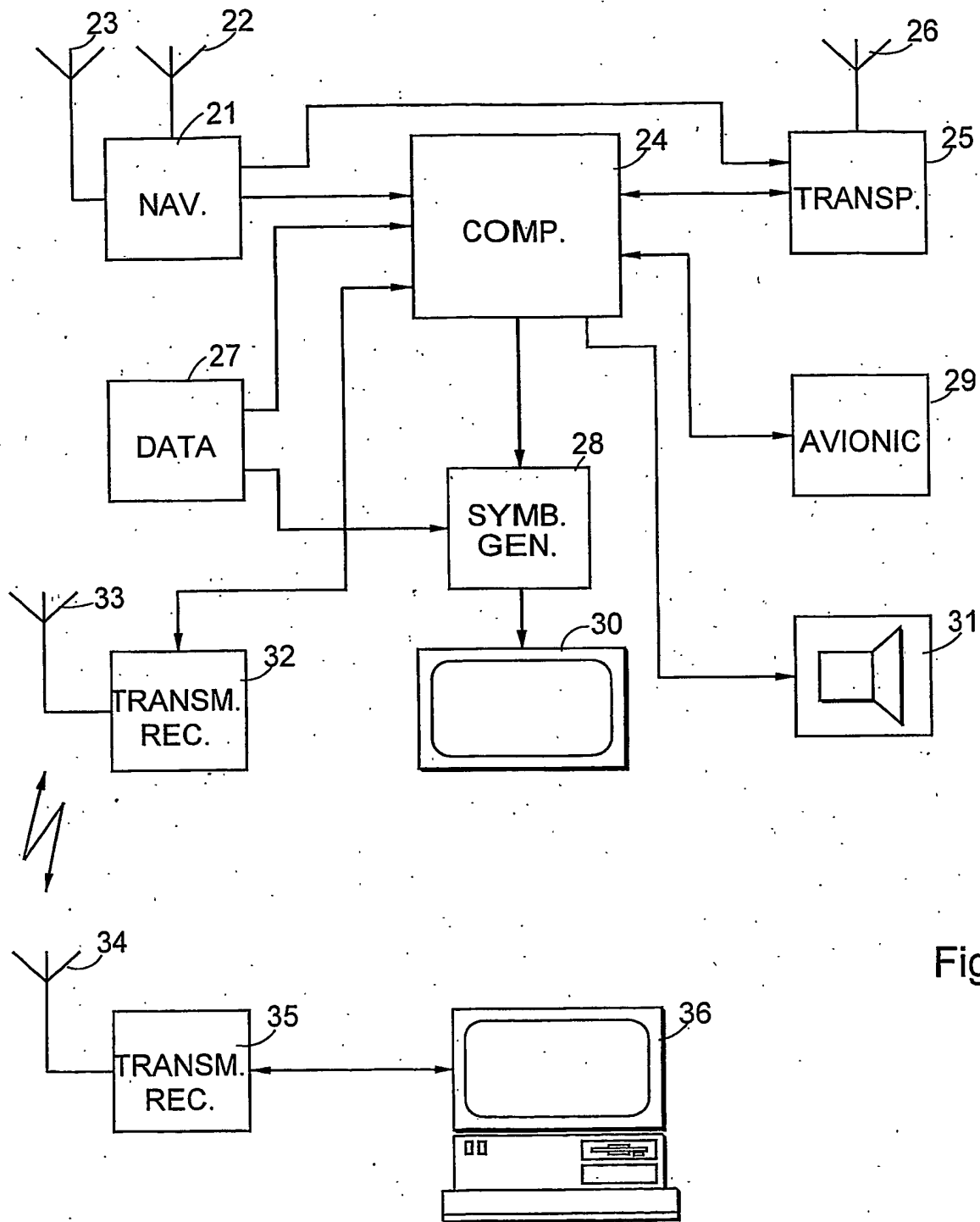


Fig.5

18-04-02

2903 VL

4/4

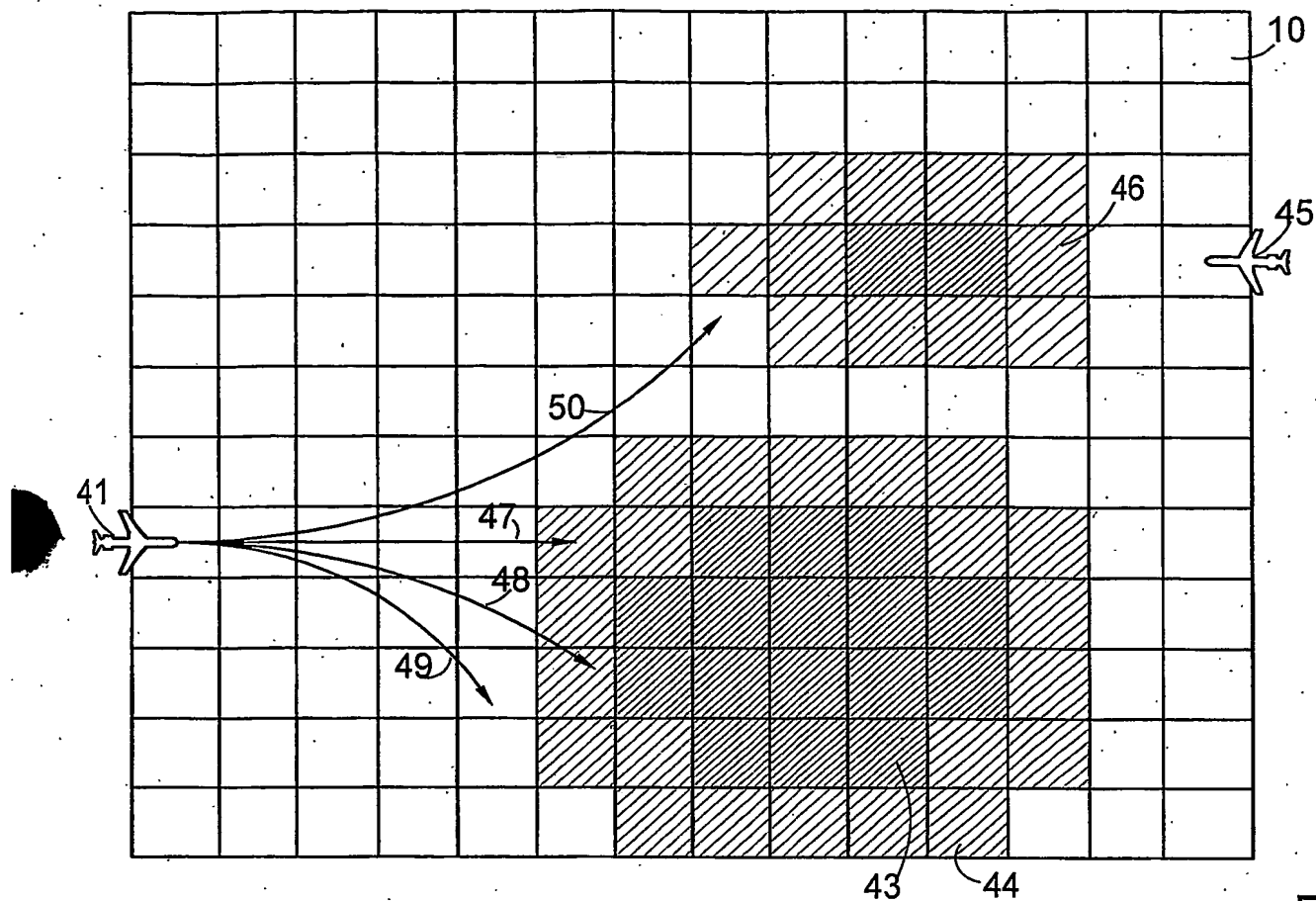


Fig. 6

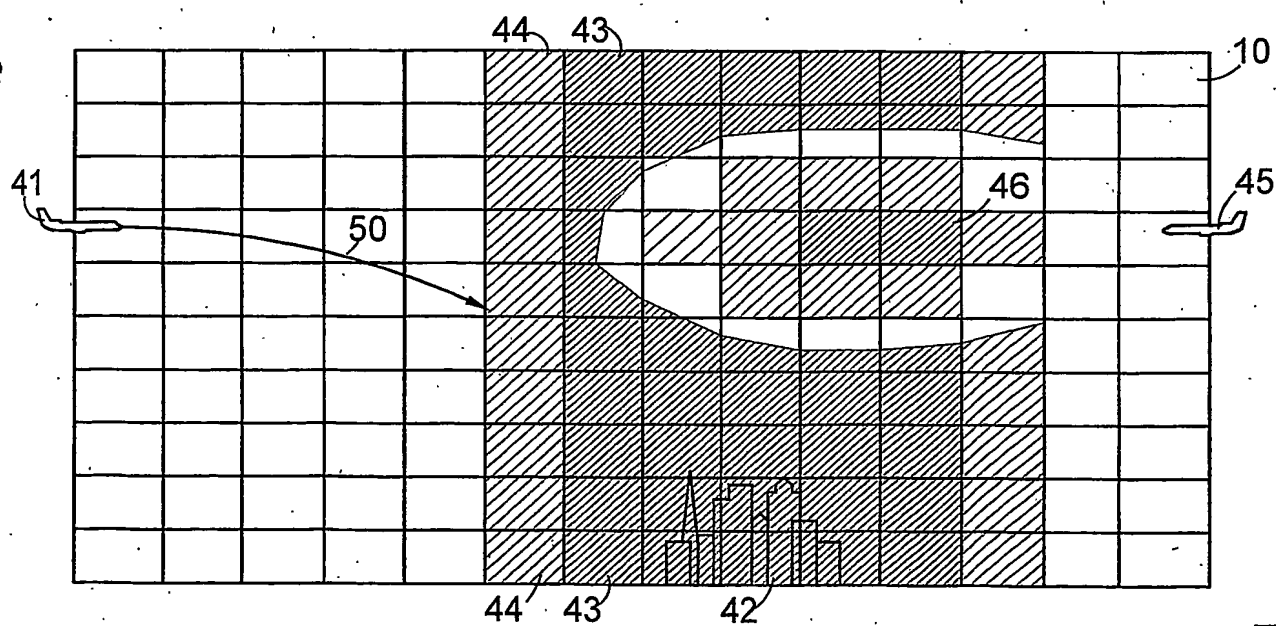


Fig. 7